



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

**Preferencia alimenticia de la tortuga verde
(*Chelonia mydas*).**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

BIÓLOGA

P R E S E N T A:

BURGOS VENEROSO NANCY ESTEFANY



DIRECTORA DE TESIS:

DRA. BRIGITTA INE VAN TUSSENBROEK RIBBINK

Unidad Académica de Sistemas Arrecifales Puerto
Morelos, UNAM. 2019



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

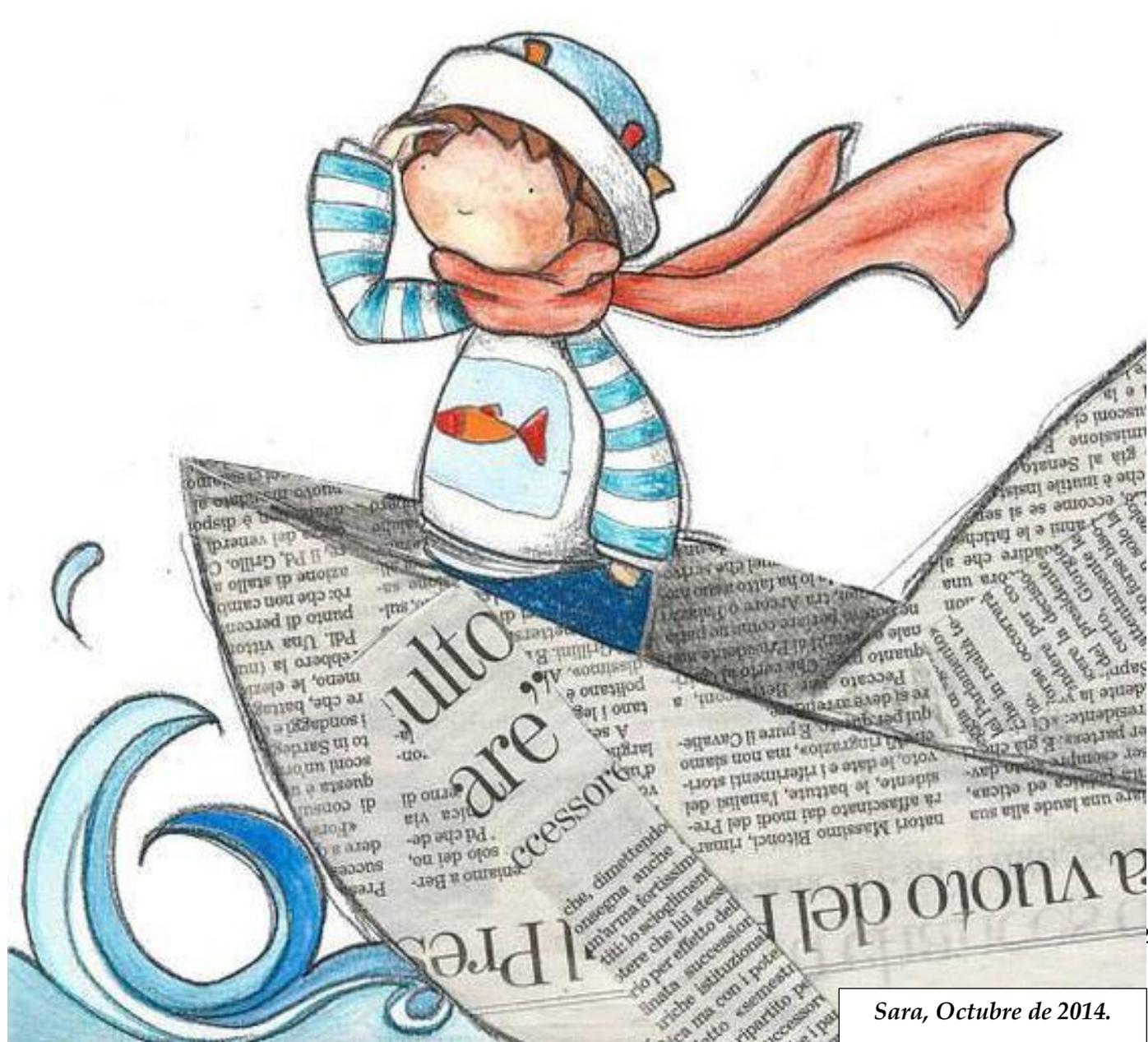
El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Navegando

Navego por la vida de una manera más agradable cuando soy consciente de la historia que vivo y la puedo contar desde muchas perspectivas. Se puede elegir contar una historia poderosa, hermosa, agraciada y contribuyente o se puede optar por compadecerse y victimizarse. Para mí, el decidir cómo cuento mis historias es una actividad del día a día, conectándome con mis deseos, necesidades y sueños.

A través de este trabajo al conectar mis sueños y deseos, puedo hacerme responsable de las decisiones que me han llevado al lugar en el que estoy y así poder cambiar mi rumbo si así lo deseo.

Marcela Morales M. (diciembre de 2015).



Sara, Octubre de 2014.

DEDICATORIA

A mis padres:

Siempre estuvieron apoyándome en las buenas y en las malas, creyeron en mí en todo momento y me sacaron adelante, dándome ejemplos dignos de superación y entrega, gracias a ustedes hoy puedo ver alcanzada mi meta, ya que siempre estuvieron impulsándome en los momentos más difíciles de mi formación académica, y porque el orgullo que sienten por mí es lo que me hizo ir hasta el final. Va por ustedes, por lo que valen, porque admiro su fortaleza y por lo que han hecho de mí. Gracias por todo.

A mis hermanos:

Marco Burgos, sé que eres un tanto despistado, y eso es de familia (je, je), pero, a pesar de ello, eres muy bueno como persona, ayudándome desde pequeña a superarme de una u otra forma, tanto personal como académicamente, diciéndome siempre: “el que es perico donde quiera es verde”, y, hasta la fecha, me lo has demostrado alcanzando tus metas de una u otra manera.

Blanca Burgos, tan comprometida y ñoña como siempre; gracias a ello, ahora estás cosechando muchos frutos de todo lo que sembraste desde pequeña, y me alegro por ello. Eres uno de mis ejemplos a seguir para ser una mejor persona cada día, tanto personal como profesionalmente. Gracias por todas tus experiencias compartidas.

Zuleyma Burgos, tan desinhibida como sólo tú sabes ser, eres la más pequeña de la familia y espero que todos nuestros ejemplos de vida te enseñen lo bueno y lo malo, que aprendas de cada una de nuestras experiencias y no repitas nuestros errores, que esto te ayude a ser una personita con un gran futuro.

A los tres les agradezco todas las experiencias vividas desde pequeños, son los mejores hermanos que pude haber tenido en la vida. Muchas gracias por todo, los quiero mil.

A Claudio Fernández, nunca dejaste de ser quien eres, súper analista y con gran entusiasmo por aprender datitos curiosos de la biología, pero sin dejar de lado tu carrera como politólogo. Siempre conté con tu apoyo y ayuda para salir adelante, te agradezco por todo

el tiempo compartido, tantas experiencias vividas; en verdad, muchas gracias por todo. Te Amo.

A mis amigos:

Gracias a todos mis amigos CCH-ros: Adriana, Araceli, Lupita, Andrea “Puky”, Zamael, Manuel y Carlos; gracias a ustedes creamos momentos memorables, los cuales quisiéramos revivir nuevamente, ya que ahora, por falta de tiempo, nos es difícil reunirnos como hace algunos años, pero de alguna u otra manera siempre estamos al pendiente de todos nosotros. Sé que todos vamos por el buen camino, quizá unos más veloces que otros, pero cada uno a su ritmo, cumpliendo nuestras metas personales. Los quiero, muchachos.

A mis amigos de la facultad: Itzell, mejor conocida como “Itsalsa”, Sally, Carmina, gracias a ustedes tuve experiencias nuevas de la vida.

A mi asesora:

Gracias por todo tu tiempo de ayuda y comprensión en la elaboración de este trabajo que poco a poco ha tenido frutos, sé que no ha sido fácil, pero con tu experiencia y el conocimiento que me has transmitido he aprendido a ser una mejor alumna y también a tomar mejores decisiones que me ayuden a crecer como una profesional.

A mis profesores:

Quienes estuvieron presentes a lo largo de toda mi trayectoria escolar, ya que sin todos ellos no hubiera logrado culminar este proyecto de vida que, por ahora, ya ha terminado; es bueno comenzar con nuevos proyectos y planes. Muchas gracias a todos por ayudarme a ser una mejor alumna y estudiante.

A Saúl Cano, por ti conocí un maravilloso mundo de la biología molecular, la cual es una muy bonita y espectacular forma de ver la vida desde otra perspectiva. Eres un gran investigador y un buen ejemplo como profesor y como persona.

Daniel Carbajal, gracias a ti aprendí a ver a las plantas desde otra perspectiva, y me enseñaste que las plantas son bonitas e interesantes desde los inicios de la evolución hasta

la actualidad, y que aún nos siguen enseñando cómo sobreviven al medio ambiente en sus múltiples formas de vida.

Ramón Vera, me enseñaste muchas cosas, me viste crecer y ahora comparto contigo mis triunfos, pero también mis tristezas.

Guadalupe Barba, gracias por tu amistad, por tu compañerismo y por tantas charlas y consejos que me diste en mi corta pero agradable estancia en Puerto Morelos. Te quiero muchísimo, en verdad, gracias por todo.

Laboratorio de Botánica Marina:

A los mejores pastólogos que pude haber encontrado: Hazel, por hacer que nuestro cubículo no fuera tan aburrido por tanto bulling (je, je); a Isis, por ayudarme con todas mis dudas y sus consejos de vida, gracias por hacerme reír; y a Luuk por todas las aventuras vividas en Akumal. Gracias, muchachos. Los quiero, y se les estima mil.

Esta tesis se realizó en el Laboratorio de Botánica Marina de la Unidad Académica de Sistemas Arrecifales, en Puerto Morelos, del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, de la Universidad Nacional Autónoma de México, bajo la dirección de la Dra. Brigitta Ine Van Tussenbroek Ribbink.

El Comité Tutorial y el Jurado de Examen de Grado estuvieron integrados por:

- Dra. Van Tussenbroek Ribbink, Brigitta Ine.
- Dr. Flores Virela Oscar.
- M en C. Barba Santos, María Guadalupe.
- M. en C. Ricardo Wong, José Gonzalo.
- Biol. Maldonado Cueva, Miguel Ángel.

AGRADECIMIENTOS

A la Dra. Brigitta Van Tussenbroek, responsable del Laboratorio de Botánica Marina de la Unidad Académica de Sistemas Arrecifales, en Puerto Morelos, por recibirme y apoyarme incondicionalmente durante la realización de esta tesis.

A la M. en C. Guadalupe Barba y a la M. en C. Isis Martínez por su apreciada ayuda tanto en campo como en laboratorio, así como por sus sabios consejos y observaciones.

Al M. en C. Fernando Negrete por sus recomendaciones y por ayudarme a ser una mejor sirena bajo el agua.

Al Capitán Amauri por su tiempo, por sus charlas y por su gran disposición en todo momento para llevarnos a los sitios de muestreo.

A la Asociación Civil Piratas de Akumal por toda la ayuda brindada durante la elaboración del proyecto, y a todo su personal, que siempre estuvo presente durante mi estancia en campo.

Índice

RESUMEN	9
INTRODUCCIÓN	10
Las tortugas marinas	10
Ciclo de vida de la tortuga verde.....	11
Distribución geográfica	12
Los pastos marinos.....	13
Las macroalgas	15
ANTECEDENTES	15
JUSTIFICACIÓN	18
OBJETIVO.....	18
HIPÓTESIS.....	18
MATERIAL Y MÉTODOS	18
Zona de estudio.....	18
Las especies bajo estudio	21
Estudios preliminares.....	23
Estudios de preferencia alimenticia	24
- Recolecta de plantas	24
- Limpieza de epifitos en todos los tratamientos	25
- Procedimiento para obtener el peso húmedo de todos los tratamientos	25
- Montado de tratamientos en el fondo marino	25
- ¿Cómo se ofrecen los tratamientos a las tortugas?.....	26
- Registro de información y desmontaje de pruebas	27
RESULTADOS	29
Estudios de preferencia alimenticia	30
Conducta herbívora de <i>Chelonia mydas</i>	31
DISCUSIÓN.....	34
CONCLUSIONES	38
REFERENCIAS.....	39

RESUMEN

Según la IUCN Red List of Threatened Species, todas las especies de tortugas marinas están amenazadas y sus poblaciones se redujeron drásticamente desde hace varios ciclos. No obstante, en las últimas décadas, las tortugas verdes (*Chelonia mydas*) se han estado recuperando. La comida principal de esta especie son los pastos marinos, por lo que se ha dado un incremento en la presión herbívora por parte de la tortuga verde, modificando así a las comunidades de pastos marinos en algunos sitios.

Generalmente, las praderas de los pastos marinos en el Caribe son multiespecíficas, ya que están compuestas por entre una y tres especies de pasto marino y varias especies de macroalgas rizofíticas; una preferencia alimenticia de ciertas especies herbívoras por algunos de estos pastos podría inducir cambios en la composición específica de estas praderas. En este trabajo se estudió la preferencia alimenticia de la *Chelonia mydas* en Akumal, en donde es alta la densidad poblacional de tortugas marinas.

La tortuga verde (*Chelonia mydas*) se alimenta preferentemente de los pastos marinos *Thalassia testudinum*, *Syringodium filiforme* y *Halodule wrightii* y, en menor medida, de las macroalgas *Penicillus capitatus* y *Halimeda incrassata*, evitando comer la especie *Udotea flabellum*. El objetivo del presente estudio ha sido verificar si los cambios en las comunidades de pastizales marinos bajo regímenes de ramoneo de tortugas en el Caribe son forzados por una preferencia alimenticia de las tortugas y/o si son una respuesta específica de los pastos a la presión herbívora. Se concluyó que, probablemente, las preferencias alimenticias influyen menos en estos cambios que las estrategias de vida de los pastos marinos.

INTRODUCCIÓN

Las tortugas marinas

Las tortugas marinas pertenecen al orden *Testudinata*, siendo común reconocer tres subórdenes: *Amphichelydia*, *Pleurodira* y *Cryptodira*. El primero de estos subórdenes es el más primitivo y de él proceden los otros dos. Las características más representativas de las tortugas *Amphichelydia* son cuello poco o nada retráctil, carente de fontanelas; dientes en el paladar y huesos del plastrón con, usualmente, uno o dos pares de placas intermedias o mesoplastrón. Este suborden tiene registro fósil. A su vez, las tortugas *Pleurodira* se caracterizan por tener un cuello retráctil en el plano horizontal y, generalmente, un caparazón sin fontanelas. Por último, las tortugas del suborden *Cryptodira* cuentan con un cuello retráctil en el plano vertical; un caparazón que puede tener fontanelas, particularmente en los individuos jóvenes; huesos del plastrón que, normalmente, no incluyen mesoplastrón; y, por lo general, escudos córneos que cubren al caparazón dorsal y ventralmente (Romer, 1956, citado por González, 2006).

La mayoría de las tortugas marinas pertenecen a la familia *Cheloniidae* (Márquez-M, 1996). Tienen un caparazón constituido por grandes huesos y cubierto de placas córneas, al igual que otros quelonios. Esta familia comprende siete especies: la tortuga caguama (*Caretta caretta*), la tortuga blanca o verde (*Chelonia mydas*), la tortuga negra (*Chelonia agassizii*), la tortuga carey (*Eretmochelys imbricata*), la tortuga lora (*Lepidochelys kempii*), la tortuga golfina (*Lepidochelys olivácea*) y la tortuga aplanada (*Natator depressus*); esta última no se encuentra en el territorio mexicano. La familia *Dermochelyidae* está comprendida por una sola especie: la tortuga laúd (*Dermochelys coriacea*) (Arnold y Ovenden, 2002; Márquez-M, 1996). En las costas del Estado de Quintana Roo anidan cuatro de las ocho especies de tortugas marinas que existen en el mundo: la tortuga caguama (*C. caretta*), la tortuga carey (*E. imbricata*), la tortuga laúd (*D. coriacea*) y la tortuga blanca o verde (*C. mydas*), esta última tiene una distribución pantropical y es la única especie de tortuga marina que se alimenta, principalmente, de pastos marinos cuando es adulta, aunque también come algas, esponjas y medusas (André **et al.**, 2005). Las tortugas marinas son consideradas como especies amenazadas, debido a que sus poblaciones decrecieron drásticamente por la actividad humana. En 1990, México estableció veda permanente para todas las especies de

tortugas marinas en las aguas de jurisdicción nacional de los litorales del Pacífico, del Golfo de México y del Mar Caribe (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2012).

Ciclo de vida de la tortuga verde

La tortuga verde (*Chelonia mydas*) se identifica porque en su carapacho tiene cuatro pares de escudos laterales y una longitud de hasta 125 centímetros de largo. El ancho de su cabeza es de 15 centímetros, aproximadamente. Además, cuenta con un par de escamas prefrontales y cuatro postorbitales y los escudos del carapacho no se traslapan. El color de la *Chelonia mydas* varía desde café claro hasta totalmente oscuro; a menudo, en su dorso presenta manchas o estrías radiales y ventralmente su color es amarillo claro. Su peso es hasta de 230 kilogramos. La tortuga verde ocupa diferentes hábitats, la podemos encontrar en alta mar y en la zona nerítica (Bolten, 2003). En sus primeros años, después de salir de la playa de anidación, las tortugas jóvenes tienen una vida epioceánica y se alimentan, principalmente, de plancton (Hughes, 1974a; Hughes, 1974b; Frick, 1976; Carr, 1987; Bolten y Bjorndal, 1992; Walker, 1994); sin embargo, sigue sin conocerse esta fase llamada “los años perdidos” (Witham, 1980). Las tortugas se acercan a la costa sólo después de alcanzar un tamaño suficiente que les asegure ser menos vulnerables a los depredadores (Limpus **et al.**, 1994).

Después de completar su desarrollo dentro de ecosistemas neríticos, como arrecifes de coral, praderas marinas y mangles, las tortugas jóvenes adoptan, gradualmente, una dieta predominantemente herbívora. En las etapas subadultas y adultas su dieta es completamente de algas y pastos marinos, digieren la celulosa por la acción de bacterias intestinales simbióticas (Bjorndal, 1979; Fenchel **et al.**, 1979; Figura 1).

Los pastos marinos

Los pastizales marinos son una vegetación marina bentónica sumergida en aguas tropicales y subtropicales constituida por pastos marinos, macroalgas y microalgas. Los pastos marinos son plantas vasculares con flores y un sistema radicular bien desarrollado que pertenecen a la división Magnoliophyta (angiospermas), a la clase Liliopsida (monocotiledóneas) y al orden Alismatales, con las familias *Posidoniaceae*, *Zosteraceae*, *Cymodoceaceae*, *Ruppiales*, *Zannichelliaceae* e *Hydrocharitaceae* (den Hartog, 1970; den Hartog y Kuo, 2006). Las familias *Posidoniaceae*, *Zosteraceae* y *Cymodoceaceae* tienen especies exclusivamente marinas. En cambio, las familias *Hydrocharitaceae*, *Ruppiales*, *Zannichelliaceae* cuentan con especies marinas y de ambientes de agua dulce (den Hartog y Kuo, 2006; Green y Short, 2003). Existe cierta controversia entre si se debe considerar a algunas especies de *Ruppiales* y *Zannichelliaceae* como pastos marinos o si deben ser clasificadas fuera de este grupo ecológico, por lo que se les clasifica de una u otra forma dependiendo del criterio de los investigadores (Kuo y McComb, 1998; Short **et al.**, 2011).

Los pastos marinos son polifiléticos, sin embargo, las convergencias de las formas y las funciones de sus estructuras son notorias, como el crecimiento horizontal mediante los rizomas, la reducción de la xilema, el polen esferoidal, la ausencia de estomas, una delgada cutícula, los cloroplastos presentes en la epidermis y el sistema gaseoso lagunar (Tomlinson, 1982). Arber (1920, citado por den Hartog, 1970) menciona los siguientes criterios para que una especie pertenezca al grupo de los pastos marinos: (1) tolerancia al medio salino, (2) plantas complejas completamente sumergidas, (3) sistema de rizoma y raíces que soportan el efecto del oleaje y la marea y (4) capacidad para la polinización hidrófila; finalmente, den Hartog (1970) incluye (5) la necesidad de dispersión en el medio marino.

En ambientes costeros, los pastos marinos tienen un papel crucial, ya que son productores primarios, fuente alimenticia y sitios de crianza y refugio para muchas especies de peces juveniles e invertebrados, además, juegan un rol clave en procesos biogeoquímicos (Van Tussenbroek **et al.**, 2006; Orth **et al.**, 2006a). A su vez, las praderas de pastos marinos, los arrecifes de coral, los mangles, los humedales y los mantos de sargazo gigante (*Macrocystis pyrifera*) son los ecosistemas costeros más productivos del mundo (Duarte **et al.**, 2004). Los pastos marinos proveen de alimento a las tortugas marinas, a los peces y a

mamíferos marinos como los manatíes y los dugongos (Valentine y Duffy, 2006). Asimismo, está bien documentado el papel que los pastos marinos juegan como zonas de crianza de crustáceos juveniles, peces y moluscos, algunos de los cuales son de gran importancia comercial (Watson **et al.**, 1993; Duffy, 2006). Los pastos marinos incrementan la transparencia del agua atenuando su movimiento y ayudando al depósito de partículas finas (Orth **et al.**, 2006b), su extenso sistema de raíces y rizomas estabiliza y retiene el sedimento ayudando a prevenir la erosión costera durante tormentas y huracanes (Van Tussenbroek **et al.**, 2008). Aunado a esto, sus hojas funcionan como sustrato para un gran número de organismos epífitos (por ejemplo, hidrozoarios, serpulidos, esponjas, balanos, caracoles, macroalgas, microalgas, bacterias y protozoos) (Borowitzka **et al.**, 2006; Heck **et al.**, 2003). Sin embargo, los pastizales marinos, así como los servicios ambientales que brindan, han sido afectados a nivel mundial por el incremento de la población humana y por la consecuente presión sobre las zonas costeras (Duffy, 2006; Duarte **et al.**, 2008). Se ha sugerido que el deterioro de los océanos está afectando a los pastos marinos (Short y Coles, 2001; Orth **et al.**, 2006b; Duarte **et al.**, 2008; Waycott, **et al.**, 2009).

Desde su origen, las comunidades de pastos marinos han sufrido la presión de megaherbívoros como los manatíes, los dugongos y las tortugas marinas. La herbivoría de estas especies genera diversos efectos sobre la productividad, la biomasa, la densidad foliar, las dimensiones de la hoja, la tasa de crecimiento foliar, los nutrientes y sobre otras características de los pastos marinos. Se ha encontrado que mantener parches podados de estos pastos puede favorecer la calidad nutricional de sus hojas al incrementar la cantidad de nitrógeno y al reducir sustancias refractarias asociadas a la baja digestibilidad, como la lignina.

Se ha averiguado también que existe un efecto negativo de la herbivoría sobre la biomasa foliar de los pastos marinos causado por diferentes especies de consumidores; además, se ha reportado que ciertos herbívoros se alimentan preferencialmente de hojas enriquecidas en nutrientes. Sin embargo, a largo plazo, las reservas de carbohidratos y proteínas en los rizomas se ven disminuidas, inhibiendo con ello el crecimiento óptimo de las hojas, lo que puede cambiar la tasa de fotosíntesis, la tasa de respiración nocturna, el contenido proteínico, el tiempo de vida de las hojas, la cantidad y el tipo de metabolitos de defensa y las propias tasas de herbivoría.

Las macroalgas

Las macroalgas son organismos fotosintéticos que dependen de la disponibilidad de sustrato dentro de la zona eufótica para poder sobrevivir; esta característica limita, en gran medida, su distribución. Las macroalgas habitan tanto en ambientes marinos como dulceacuícolas, ya sea en arenas, suelos o cascadas, entre otros (Zertuche-González **et al.**, 2006; Collado y Braga, 1996). Las macroalgas y los pastos marinos son productores primarios del oxígeno y la biomasa de las que dependen los demás seres vivos de la cadena alimenticia en el agua, y generan una multitud de micro condiciones para otros seres vivos, quienes se adhieren o encuentran refugio en ellas. Además de su importancia como alimento, las macroalgas también forman parte importante del paisaje acuático (Álvarez **et al.**, 2017).

El grupo de las macroalgas está formado por una gran diversidad de especies que han sido tradicionalmente distinguidas por su color; entre ellas se incluye a las *Chlorophyta* (algas verdes), las *Phaeophyceae* (algas cafés) y las *Rhodophyta* (algas rojas). Estos grupos tienen muchos representantes marinos observables a simple vista (Álvarez **et al.**, 2017; Fong y Paul, 2011).

En este trabajo se incluye a especies del grupo *Chlorophyta*. Estas algas tienen células con almidón y se tiñen de color negro cuando se les aplica lugol; además, cuentan con talos complejos, multiaxiales y carnosos conformados por un sistema de filamentos muy entrelazados y dispuestos en una masa rizoidal o región de fijación al sustrato; un estípite o estructura en forma de “talo” y un filoide o región fotosintética en formas diversas (Garduño-Solórzano y Ortega, 2002).

ANTECEDENTES

Los grandes herbívoros, como las tortugas marinas y los mamíferos sirenios, pueden influir en la estructura, la dinámica y la composición específica de comunidades de pastos marinos tropicales (Bjorndal, 1980; Preen, 1995; Aragonés y Marsh, 2000; Kelkar **et al.**, 2013; Molina-Hernández y Van Tussenbroek, 2014). Hoy en día, la abundancia mundial de tortugas verdes va en aumento debido a los esfuerzos de conservación (Seminoff, 2004; Broderick **et al.**, 2006).

La tortuga verde (*Chelonia mydas*) debe adaptarse al hábitat y a la disponibilidad de alimentos, en relación con la temperatura del agua (Carman, **et al.**, 2012); su alimentación es influenciada por su biología y por sus interacciones con el medio ambiente (Bjorndal, 1985). En el Caribe, las tortugas verdes se alimentan principalmente de *T. testudinum* y suelen volver al mismo sitio de pastoreo, manteniendo jóvenes las hojas. Las partes viejas de la hoja de los pastos marinos son ricas en fibra y tiene menos nitrógeno que las partes jóvenes; las tortugas comen éstas últimas, ya que son más ricas en nitrógeno y tienen un bajo contenido de lignina (Dawes y Lawrence, 1979; Bjorndal, 1980; Thayer **et al.**, 1984; Zieman **et al.** 1984, Molina-Hernández y Van Tussenbroek, 2014). Por esta razón, las tortugas regresan de nuevo al mismo sitio para alimentarse, manteniéndose parches de ramoneo continuo durante más de 16 meses (Molina-Hernández y Van Tussenbroek, 2014).

En los trabajos publicados por Brand-Gardner **et al.** (1999), donde se estudiaron tortugas inmaduras de la especie *Chelonia mydas* en la Bahía Moreton, se estudió la preferencia alimenticia mediante lavados esofágicos para saber la composición y la relación con la abundancia y la disponibilidad de los alimentos. Ellos encontraron que estas tortugas se alimentaban de alga marina *Gracilaria spp.*, las cuales tiene una baja cantidad de fibra y una alta cantidad de nitrógeno. A su vez, en la Bahía Magdalena, en la Península de Baja California, México, López-Mendilaharsu **et al.**, (2008) compararon muestras de alimentos recientemente ingeridos por tortugas con los recursos alimenticios disponibles en el ambiente marino, para lo cual realizaron lavados gástrico y transectos de vegetación en primavera e invierno; concluyeron que las tortugas consumían *Codium ammplivesiculatum* y *Gracilaria tex-torrii*, como especies preferidas para su alimentación.

Becking **et al.** (2015) realizaron un experimento en la Bahía Lac, en el cual montaron veinte pruebas ofreciendo tres diferentes tipos de pastos: *T. testudinum*, *S. filiforme* y *Halophila stipulacea* (especie introducida). Estos pastos fueron colocados en palos y, para tener un reporte visual, utilizaron una cámara GoPro instalada a dos metros de distancia de las pruebas, con una duración de entre una y dos horas de videograbación. Becking **et al.** (2015) reportaron la observación de 18 tortugas y sólo cinco eventos de ramoneo, uno de ellos en la especie *Halophila stipulacea* y dos en cada una de las demás, la *T. testudinum* y la *S. filiforme*. Concluyeron que las tortugas consumen la especie introducida de la misma

manera que las especies nativas. Este resultado puede no sorprender porque las tortugas que habitan en el Indo-Pacífico se alimentan de *H. stipulacea*.

Fuentes **et al.** (2006) publicaron el primer estudio en una región arrecifal tropical en Australia en donde sacaron 85 muestras de lavado esofágicos de 76 tortugas; en este estudio se comparó la comida consumida y los recursos disponibles de la zona. La mayoría comió, principalmente, pasto marino *Thalassia hemprichii*, mientras que otros individuos comieron algas como *Gracilaria spp.*, *Gelidiella spp.* y *Hypnea spp.*; esto se debe a un cambio en la dieta de las tortugas juveniles y a otros factores que están cambiando este comportamiento alimenticio. En cuanto a las proporciones de cobertura, ésta fue mayor en pastos marinos con un 52%, en tanto que en las algas fue de 48%.

En el Caribe, Molina-Hernández y Van Tussenbroek (2014) realizaron un estudio comparando dos zonas de ramoneo; en una de ellas, en Puerto Morelos, se registró menor actividad herbívora en comparación con la otra zona, Akumal, en la cual fue mayor. En Puerto Morelos estudiaron parcelas claramente definidas por el ramoneo y observaron que la abundancia de la especie *T. testudinum* decreció durante varios meses cuando las tortugas comenzaron a alimentarse en esta zona, pero después se mantuvo estable. De igual forma, la presencia de la especie *S. filiforme* fue reducida por el ramoneo de las tortugas y luego se estabilizó. En tanto, la abundancia relativa de *H. wrightii* y de algas rizofíticas creció después de dos y seis meses del ramoneo de las tortugas, respectivamente. Una vez que las tortugas abandonaron las parcelas, la especie *T. testudinum* y las algas rizofíticas recuperaron su abundancia durante la etapa de crecimiento, en un lapso de entre dos y cuatro meses, mientras que la especie *H. wrightii* disminuyó su presencia luego de seis meses.

En contraste con lo que se observó en la bahía de Akumal, en donde las tortugas abandonaron su patrón común de ramoneo en parcelas para ramonear aleatoriamente en la pradera, la abundancia de *T. testudinum* se redujo mientras que la de *H. wrightii* aumentó. La población de *S. filiforme*, a su vez, está aparentemente en equilibrio tanto en Akumal como en Puerto Morelos, ya que tuvo muy poca variación.

JUSTIFICACIÓN

Las poblaciones de tortugas verdes están incrementando. Las tortugas han alcanzado altas densidades poblacionales y han causado colapsos locales en praderas de pastos marinos (Murdoch *et al.*, 2007; Fourqurean *et al.*, 2010; Christianen *et al.*, 2014). Por estos motivos es importante incrementar nuestro conocimiento del impacto de las tortugas sobre las praderas de los pastos marinos. No sabemos si los cambios en las poblaciones de los pastizales marinos en el Caribe bajo regímenes de herbivoría por tortugas es forzado por una preferencia alimenticia de éstas, una respuesta específica de los pastos a la presión herbívora o una combinación de estos dos mecanismos.

Considerando lo anterior, la finalidad del presente estudio es conocer si la tortuga verde tiene una alimentación preferida que podría haber forzado a cambios específicos en los pastizales marinos.

OBJETIVO

Saber a través de situaciones experimentales si la tortuga verde tiene preferencia alimenticia por ciertas especies de pastos marinos o macroalgas.

HIPÓTESIS

La tortuga verde (*Chelonia mydas*) tiene preferencia por alguno de los alimentos ofrecidos durante las pruebas del presente estudio.

MATERIAL Y MÉTODOS

Zona de estudio

El Estado de Quintana Roo se encuentra ubicado geográficamente en la península de Yucatán en el Norte 21° 37', Sur 17° 53' de latitud Norte y Este 86° 42', Oeste 89° 29' de longitud Oeste, cuenta con una superficie de 50,843 Km². Colinda al Norte con Yucatán y el Golfo de México, al Este con el Mar Caribe; al Sur colinda con la bahía de Chetumal y Belice, al Oeste lo hace con Campeche y Yucatán. El Estado de Quintana Roo presenta un clima cálido subhúmedo con lluvias en verano y una temperatura promedio de 33°C; los meses más fríos son enero y febrero con una temperatura media mensual de 24.5°C (Mondragón, 2007). Su

clima es cálido subhúmedo, los vientos dominantes tienen una dirección Este-Sureste y la circulación del agua tiene flujo neto Sur-Norte (Barrera y Namihira, 2004). El arrecife coralino que se encuentra en sus costas forma parte del sistema de arrecifes bordeantes de Quintana Roo (Garza-Pérez, 2004) que, a su vez, forma parte de la segunda barrera arrecifal más grande del mundo (Mata, 2012).

El área de estudio para el presente trabajo fue Puerto Morelos, en donde se realizó la colecta de pastos y algas marinas; posteriormente, éstas fueron colocadas en la bahía de Akumal, debido a que esta bahía es pequeña. Además, no quisimos perturbar más esta última zona con la colecta, ya que por su alta densidad herbívora estas especies son escasas.

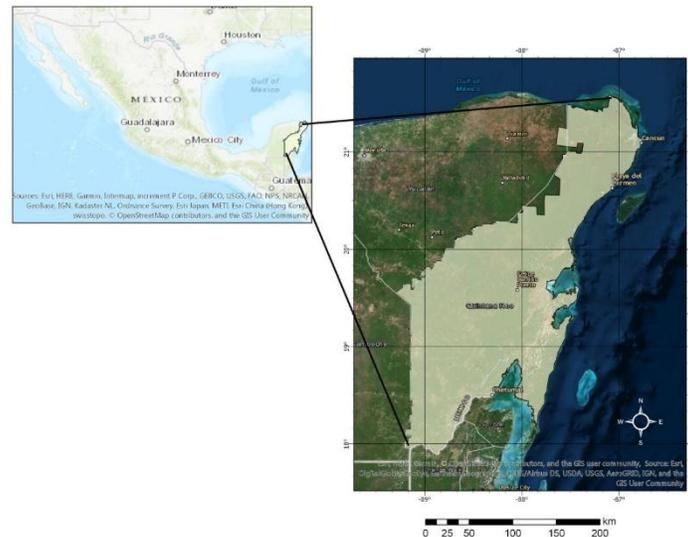


Figura 2. Mapa de la República Mexicana en el que se señala el Estado de Quintana Roo.

Fuente: *Google Earth* (2015).



Figura 3. Mapa del Estado de Quintana Roo en el que se señala la zona en donde se realizó el experimento en Akumal.

Fuente: Tomado de *Google Earth* (2015).

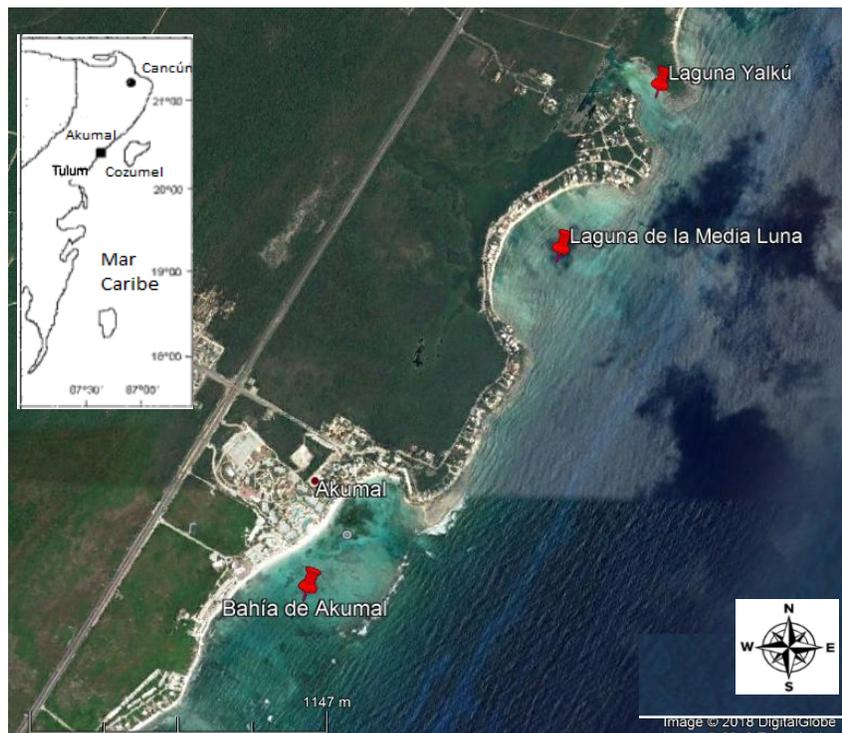


Figura 4. Bahía de Akumal.

Fuente: con datos de Barrera y Namihira (2004) y *Google Earth* (2015).

El experimento se realizó en la Bahía de Akumal a una profundidad de entre 1.5 y 2 metros, en esa zona de vegetación escasa se observó con buceo libre que las tortugas se alimentan de un pasto marino compuesto por la especie *Halodule wrightii*. La bahía de Akumal se ubica geográficamente en las coordenadas 20°23'37.68"N, 87°18'52.82"O (Figura 5).

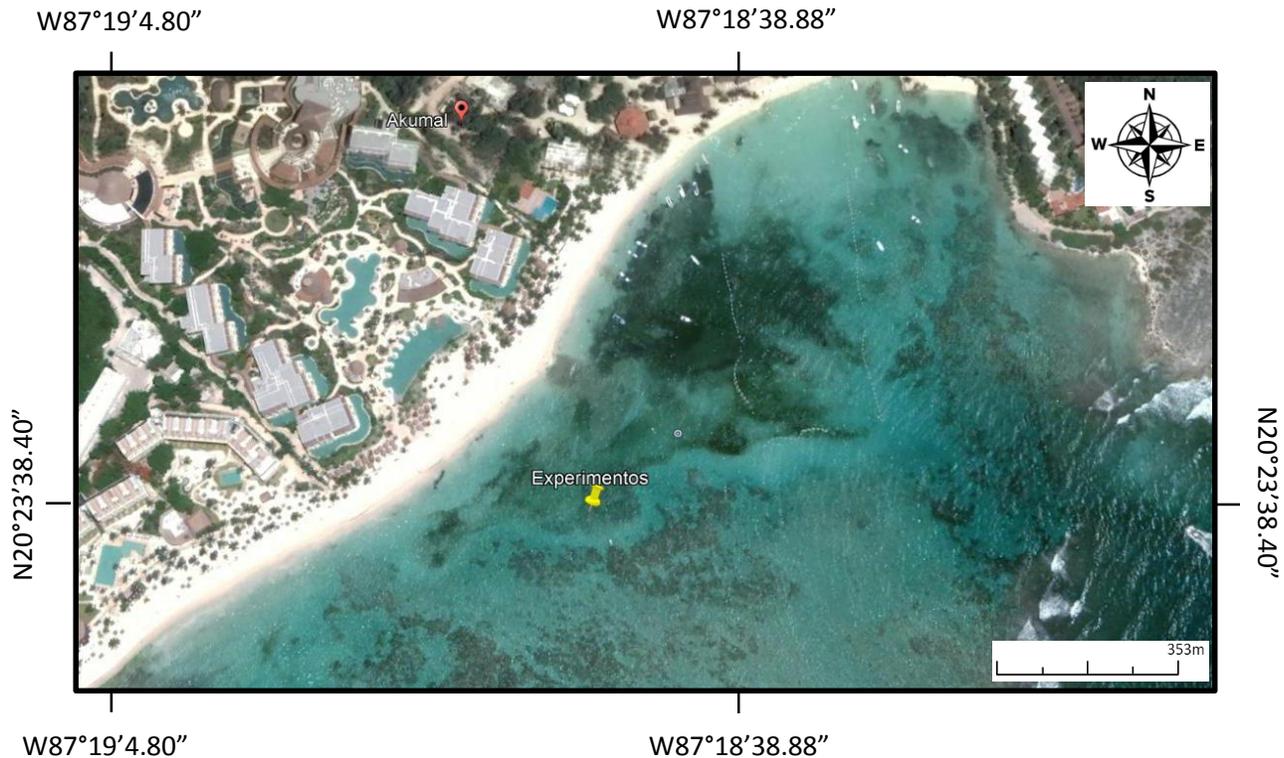


Figura 5. Zona en donde se realizó el experimento de preferencia alimenticia en Akumal.

Fuente: basada en una fotografía de *Google Earth* (2010).

Las especies bajo estudio

A continuación, son descritas las características de cada una de las especies de pastos marinos y de los géneros de las algas con las que se trabajó; esta selección se efectuó debido a que la *Chelonia mydas* es la única tortuga marina que durante su etapa adulta se alimenta básicamente de pasto marino y, en algunas ocasiones, de algas (Lutz **et al.** 2002).

Thalassia testudinum: La forma de su hoja es alargada, mide entre 10 y 80 cm de largo, con vaina en la base; la hoja es acintada con un ancho de entre 0.5 y 2.0 cm, su punta se encuentra redondeada (Van Tussenbroek **et al.** 2010).

Syringodium filiforme: Su hoja mide entre 5 y 50 cm de largo y es cilíndrica, con un diámetro de entre 0.1 y 0.3 cm, con vaina en la base (Van Tussenbroek **et al.**, 2010).

Halodule wrightii: Sus hojas son encintadas y miden entre 3 y 30 cm de largo, su ancho varía entre los 0.05 y los 0.5 cm, la punta de su hoja se distingue por tener entre dos a tres dientes (Van Tussenbroek **et al.**, 2010).

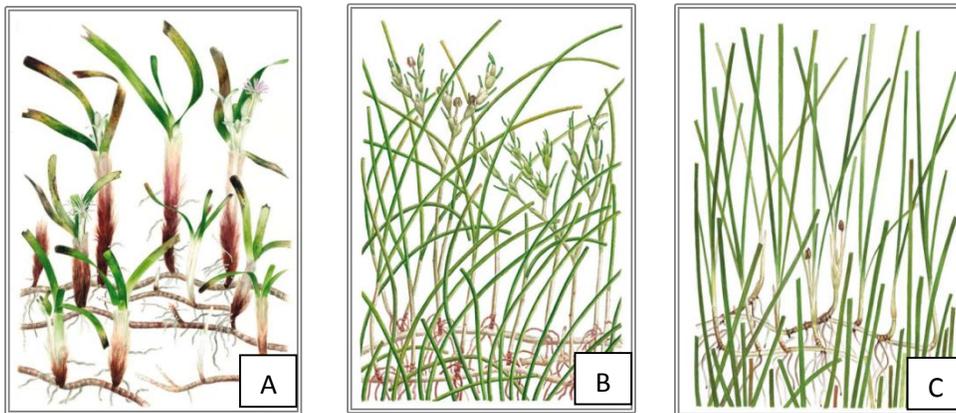


Figura 6. En las imágenes: A) *Thalassia testudinum*, B) *Syringodium filiforme* y C) *Halodule wrightii* se muestran las estructuras vegetativas y reproductoras de los pastos marinos.

Fuente: tomado de Van Tussenbroek **et al.** (2010).

Halimeda incrassata: Tiene filoides articulados o segmentos planos o esféricos que, en su conjunto, le dan la forma de un “nopal”. Por lo general, su estípite es corto o puede carecer de él; estas especies viven sobre rocas, guijarros, arena, *Rhizophora mangle*, corales y/o conchas (Garduño-Solórzano y Ortega, 2002).

Penicillus capitatus: Tiene talos sin segmentos articulados o segmentados. Se distingue con claridad su filoide del estípite. Este último se encuentra constituido por filamentos dicotómicos no unidos que, en su conjunto, parecen una brocha; esta especie se desarrolla sobre arena, limo y/o corales (Garduño-Solórzano y Ortega, 2002).

Udotea flabellum: Su filoide está formado por una lámina grande, algunas veces con muchas proliferaciones no imbricadas, frecuentemente zonado, dispuesto en forma de embudo o abanico. En la superficie del filoide se observan filamentos oblicuos a partir de la base; el margen puede ser crenado o irregular; se le encuentra sobre rocas con arena, arena y/o limo (Garduño-Solórzano y Ortega, 2002).

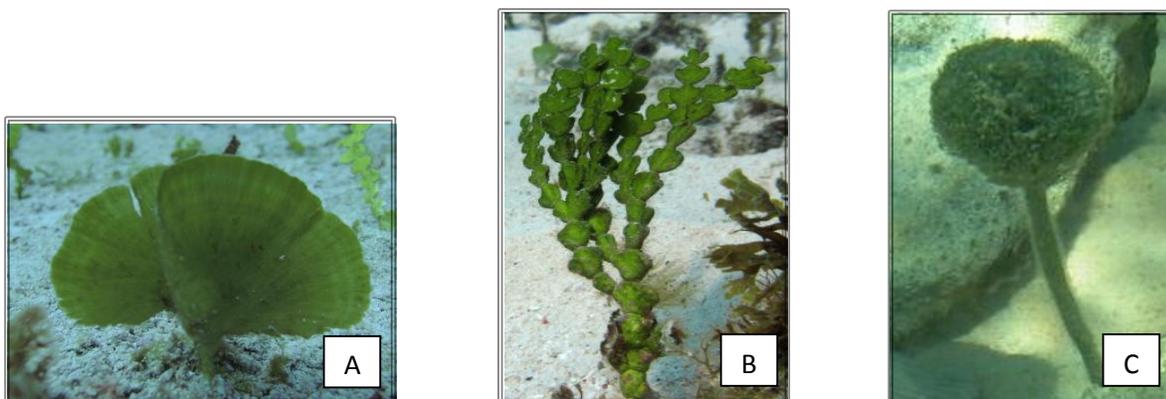


Figura 7. En las imágenes A) *Udotea flabellum*, B) *Halimeda incrassata* y C) *Penicillus capitatus* se muestran las estructuras vegetativas.

Fuente: Imagen B: Gerardo Aizpuru, recuperada del blog Project Noah. Imagen C:
<http://www.naturalista.mx/taxa/131313-Penicillus-capitatus>

Estudios preliminares

Se realizaron diferentes pruebas preliminares con distintas maneras de fijar los pastos marinos y macroalgas en sitios frecuentados por tortugas en la Laguna arrecifal de Puerto Morelos y en Akumal. En la primera prueba se colocó sólo la especie *Thalassia testudinum* montada en un clavo y fijada con cinchos; el peso húmedo de las muestras fue de 20 gramos. Esta unidad experimental se replicó 10 veces, al igual que en las siguientes pruebas. La segunda prueba se realizó con *Thalassia testudinum* y hojas de plátano (*Musa sapientum*) en Puerto Morelos y en Akumal; también se utilizaron 20 gramos de peso húmedo de las especies, diez clavos y cinchos. Por último, la tercera prueba se efectuó sólo en Akumal; en ella se utilizaron tres especies de pastos marinos: *Thalassia testudinum*, *Syringodium filiforme* y *Halodule wrightii*, y tres especies de algas: *Penicillus capitatus*, *Halimeda incrassata* y *Udotea flabellum*. En este caso, las muestras fueron colocadas en varillas con un grosor de 3/8 y una curvatura de 120° para conseguir un mejor anclaje en el sustrato.

Como las varillas resisten más peso que los clavos, para estas pruebas se emplearon muestras de entre 30 y 35 gramos de peso húmedo.

Cabe añadir que en las dos primeras pruebas no se registró evidencia del ramoneo de tortugas, ya que los alimentos sólo presentaron mordidas de peces: marcas en forma de “U”. Por el contrario, en la tercera prueba, al menos en alguna de las muestras de *Thalassia testudinum* había marcas horizontales por las mordidas de las tortugas.



Figura 8. Hojas de *Thalassia testudinum* y *Musa sapientum* que se montaron en una zona en la que se había reportado el ramoneo de tortugas.

Estudios de preferencia alimenticia

- Recolecta de plantas

Para el experimento se utilizaron tres especies de pastos marinos (*T. testudinum*, *S. filiforme*, *H. wrightii*) y tres algas marinas (*U. flabellum*, *H. incrassata*, *P. capitatus*). Los haces de los pastos marinos fueron colectados utilizando un cuchillo y cortando la vaina o rizoma vertical abajo del sedimento. Las algas marinas se colectaron desde el rizoide para mantenerlas vivas antes de montarlas, ya que en pruebas anteriores se observó que si sólo se cortaba el talo éstas morían antes de colocarlas en el experimento. La colecta se realizó frente a la Unidad Académica de Sistemas Arrecifales de Puerto Morelos (20° 52' 50.7"N/86° 51' 1.9"W).

- Limpieza de epifitos en todos los tratamientos

Para eliminar los epifitos de las hojas de los pastos marinos *T. testudinum*, *S. filiforme*, *H. wrightii* y del alga marina *U. flabellum*, estas especies fueron colocadas hoja por hoja y talo por talo en una tabla de acrílico. Este procedimiento se realizó con una navaja inclinada a 45° con la que se raspó, de abajo hacia arriba (desde la vaina hacia la hoja y desde el rizoide hacia el talo, respectivamente), sobre las hojas y talos. Además, con un sólo corte fueron descartadas las partes muertas o viejas de las hojas. Las otras dos macroalgas que se utilizaron en el experimento, *H. incrassata* y *P. capitatus*, fueron limpiadas con un cepillo de dientes, colocándolas talo por talo sobre la tabla de acrílico y cepillando de abajo hacia arriba (desde el rizoide hacia el talo) para eliminar epifitos. Finalmente, los rizoides de las macroalgas fueron cortados con ayuda de la navaja. Las hojas y los talos siempre fueron mantenidos húmedos para conservarlos frescos. Después de este tratamiento, estas especies fueron colocadas limpias en una cubeta con agua de mar y con una bomba de aire para que siguieran vivas hasta el momento de montarlas en las varillas con los cinchos.

- Procedimiento para obtener el peso húmedo de todos los tratamientos

Tanto a los pastos marinos como a las macroalgas se les quitó el exceso de agua con ayuda de una franela y de toallas absorbentes para poder secarlas. Posteriormente, estas especies fueron pesadas para tener el registro del peso húmedo de cada uno de ellas. Fueron utilizados entre 30 y 35 gramos de peso húmedo de las especies de pastos y algas marinas para cada una de las pruebas.

- Montado de tratamientos en el fondo marino

Las especies fueron montadas en el fondo de la bahía norte de Akumal, en zonas frecuentadas por tortugas. Para montar las especies de pastos y macroalgas en el fondo marino se utilizaron varillas de 42 cm de largo y un grosor de 3/8. Uno de los extremos de cada varilla tenía una punta afilada para facilitar su anclaje en el sedimento. Las varillas estaban dobladas en un ángulo de inclinación de aproximadamente 120° grados, como se muestra en la Figura 9.



Figura 9. Varilla anclada en el fondo oceánico con un alimento.

- ¿Cómo se ofrecen los tratamientos a las tortugas?

Se ofrecieron tres especies de pastos marinos y tres especies de macroalgas juntas en cada una de las pruebas. Las seis varillas con las plantas fueron colocadas en sitios frecuentados por las tortugas en la bahía norte de Akumal. Las seis varillas fueron colocadas en forma de zig-zag con 30 cm de espacio entre ellas (Figura 10. Foto de las varillas *in situ*). El orden para ofrecer las plantas varió entre las diez pruebas y fueron asignadas de forma aleatoria. A cada una de las especies de pastos y algas se les asignó un número del uno al seis, quedando de la siguiente manera: 1, *T. testudinum*; 2, *S. filiforme*; 3, *H. wrightii*; 4, *U. flabellum*; 5, *P. capitatus* y 6, *H. incrassata*. Se utilizó una tabla con números aleatorios (Tabla 1) para determinar el orden en el que se colocaron cada uno de los alimentos en las varillas correspondientes, lo que sirvió para evitar que la tortuga llegara siempre al mismo lugar y sólo comiera lo que se encontrara en el sitio. Para atraer a las tortugas fueron cortados los pastos con tijeras casi al nivel de la arena en la pradera en la que se montaron las pruebas, indicándoles que es un área de alimentación.

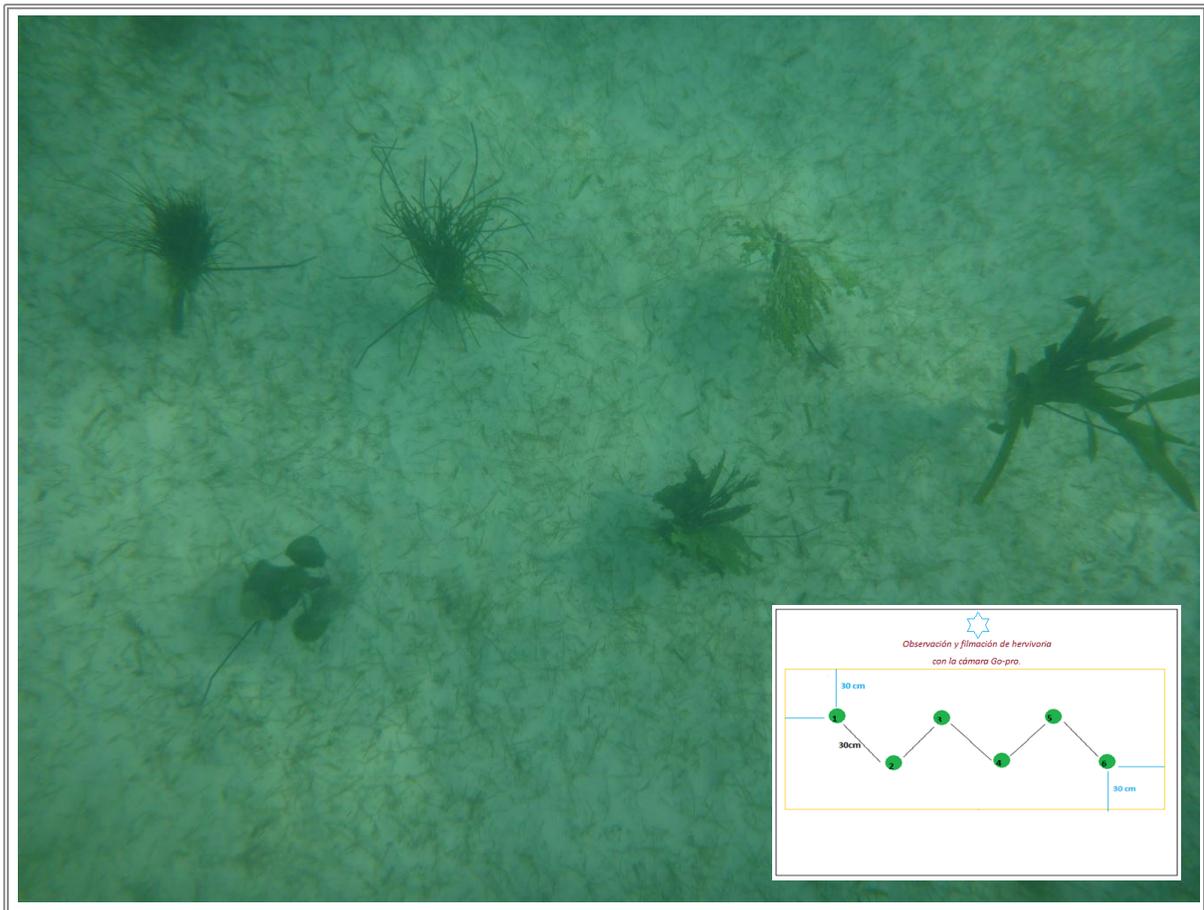


Figura 10. Posición de las varillas del experimento en el campo.

- Registro de información y desmontaje de pruebas

Se tomaron los registros de cada una de las tortugas que se acercaron al área del experimento (Tabla 4). De tal modo, fue registrada la actividad herbívora de 9:00 am a 5:00 pm, lo que se repitió para cada una de las pruebas. Cada experimento concluyó cuando al menos uno de los alimentos ofrecidos presentaba evidencia de ramoneo por tortugas, es decir, cuando se observó una mordida horizontal sobre las hojas de pastos o en los talos de las algas. Al terminar, se registró el peso húmedo de las plantas de la misma manera descrita anteriormente.

Para tener evidencia de que las tortugas se alimentaron de los pastos o algas, un observador se mantuvo en la superficie por entre 20 minutos y media hora, aproximadamente,

observando o filmando con una cámara GoPro para verificar que la remoción de la biomasa de los alimentos fue causada por las tortugas.

Este experimento tuvo diez réplicas realizadas en diferentes fechas entre octubre y noviembre de 2015 (Tabla 1).

Tabla 1. Fechas de inicio y término de cada una de las pruebas, así como orden aleatorio por el cual fueron colocados cada uno de los tratamientos.

# Pruebas	Fecha de inicio	Fecha de término	Plantas					
			<i>T. testudinum</i>	<i>S. filiforme</i>	<i>H. wrightii</i>	<i>P. capitatus</i>	<i>U. flabellum</i>	<i>H. incrassata</i>
1	14-Oct-2015	15-Oct-2015	3	4	5	1	6	2
2	14-Oct-2015	15-Oct-2015	1	6	3	4	5	2
3	27-Oct-2015	28-Oct-2015	3	5	4	2	1	6
4	27-Oct-2015	28-Oct-2015	2	6	1	5	4	3
5	4-Nov-2015	5-Nov-2015	6	3	2	5	1	4
6	4-Nov-2015	5-Nov-2015	5	4	2	3	1	6
7	20-Nov-2015	21-Nov-2015	2	6	4	3	5	1
8	20-Nov-2015	21-Nov-2015	4	1	5	6	3	2
9	20-Nov-2015	21-Nov-2015	6	3	1	2	4	5
10	20-Nov-2015	21-Nov-2015	3	5	2	1	1	6

Después de concluir los experimentos se determinó el peso húmedo de los alimentos, tal como ha sido descrito líneas arriba. De todas las especies extraídas se utilizaron tres gramos (peso húmedo), aproximadamente, para un análisis posterior de Carbono, Nitrógeno y Fósforo (CNP). La preparación de estas muestras se realizó de la siguiente manera: el tejido procesado se puso en charolas de aluminio (respectivamente marcadas), las cuales fueron colocadas durante 24 horas en una estufa a temperatura constante de 60°C; después de este tiempo, tanto las hojas de los pastos como los talos de las macroalgas estaban deshidratados. Luego, las muestras fueron molidas en un molino Analysette 3/spartan, modelo pulverisette 0 y, finalmente, fueron depositadas en bolsas herméticas marcadas para análisis posterior de contenido de carbono, nitrógeno y fósforo total en los tejidos.

Determinación de la diferencia entre peso inicial y peso final por planta y por prueba

Se aplicó una transformación de datos con la siguiente fórmula: $(p' = \arcsin \sqrt{\text{proporción} + 0.01})$ por tratarse de datos proporcionales para cumplir con los requisitos de normalidad y homocedasticidad para análisis estadísticos posteriores. Después, se realizó un boxplot para conocer la distribución de los datos en la muestra, teniendo en cuenta la pérdida proporcional de peso en cada uno de los tratamientos ofrecidos a las tortugas. Además, se aplicó una prueba ANOVA de dos vías (especie como factor fijo y prueba como factor aleatorio) con la pérdida proporcional de peso como variable, con la H_0 : No hay diferencia en pérdida de peso entre especies. Al rechazar H_0 , se aplicó una prueba de contraste de Tukey para determinar cuáles especies perdieron significativamente más peso.

RESULTADOS

Estudios preliminares

En Puerto Morelos se realizaron pruebas preliminares para desarrollar un método óptimo para presentar el alimento a las tortugas. Durante las primeras pruebas fueron utilizados 20 cinchos y clavos de acero inoxidable de una longitud de 15 cm para fijar el material vegetal. En la primera prueba se colocó sólo la especie *Thalassia testudinum* montada en diez clavos y fijada con cinchos de 20 gramos de peso, cada uno. Estos clavos fueron colocados todos juntos en un punto donde se sabe que las tortugas se alimentan. Esta presentación del material no fue adecuada porque sólo algunos peces se alimentaron de las hojas de *T. testudinum*, mientras que la cámara GoPro tomó video durante dos horas continuas y, en ese lapso, no se observó a ninguna tortuga acercarse al experimento. Cuando éste fue desmontado al día siguiente no se percibió ninguna planta mordida por tortuga. Esta presentación se repitió con *T. testudinum* y hojas de plátano *Musa sapientum* en forma de tiras, pero ahora en la laguna arrecifal de Puerto Morelos y en la bahía norte de Akumal (Figura 8); en esta última zona sólo había arena y se obtuvo el mismo resultado que en la primera prueba. Posteriormente, se colocaron los clavos en una zona donde había pocas algas calcáreas y que es frecuentada por las tortugas. Ahí se observó a una tortuga alimentarse de *T. testudinum* y *M. sapientum*, sin embargo, el anclaje no fue satisfactorio, ya que la fuerza con la que la tortuga mordió las plantas sacó los clavos junto con las plantas.

En la siguiente prueba se optó por usar varillas con un grosor de 3/8 y una curvatura de 120° para conseguir un mejor anclaje en el sustrato, y para que cuando las tortugas se

acercaran a comer no sacaran las varillas junto con las plantas. Se seleccionó un lugar donde la vegetación era escasa debido al ramoneo intensivo de tortugas. Se observó que las tortugas se alimentaban de *T. testudinum* sin remover las varillas, mientras que ignoraron a la *M. sapientum*. Al resultar exitosa esta prueba, finalmente se prepararon los experimentos para la bahía norte de Akumal.

Estudios de preferencia alimenticia

En algunas pruebas, toda la biomasa de los pastos marinos y de la macroalga *H. incrassata* fue removida por las tortugas. Éstas comieron de todas las especies, aunque prefirieron los pastos marinos por encima de las macroalgas (Figura 11). Particularmente, la biomasa de la *H. incrassata* sólo fue removida en una sola ocasión.

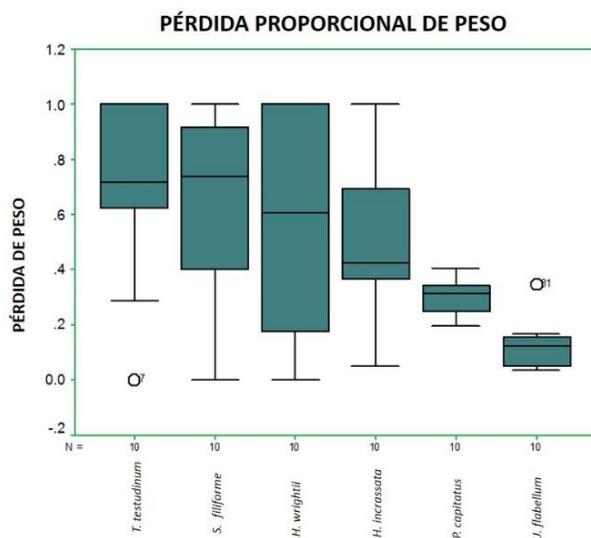


Figura 11. Diagrama de caja de pérdida proporcional del peso inicial de pastos marinos y macroalgas en todas las pruebas, en el que se indica la mediana (barra vertical dentro la caja): 25% (cajas) y 75% (bigotes) de los valores de los datos (cajas), y los valores atípicos (círculos). N =10.

La diferencia de pérdida de peso entre especies fue significativa (Tabla 2). No se detectó diferencia en la pérdida total entre las pruebas (Tabla 2) y el número de réplicas fue

insuficiente para detectar una interacción entre especies y prueba. La prueba pos-hoc de Tukey dividió las especies en dos grupos en cuanto a pérdida de peso, siendo A) *T. testudinum*, *H. wrightii* y *S. filiforme*, *P. capitatus* y *H. incrassata* y B) *P. capitatus*, *H. incrassata* y *U. flabellum* (Tabla 3). Esto indica que los pastos marinos perdieron significativamente más peso que las macroalgas, en particular la especie *U. flabellum*.

Tabla 2. Resultado de la ANOVA de dos vías en la que se verifica si la pérdida de peso varió entre las especies de plantas, utilizando como parámetros cada una de las pruebas y como factores cada una de las especies utilizadas en el experimento.

H₀: No hay preferencia por ningún tratamiento ofrecido.

H_a: Hay preferencia alimenticia por algún tratamiento ofrecido.

Variable dependiente: Pérdida de peso				
Source		Df	F	Significancia
PRUEBA	Hipótesis	9	0.4347	0.909
ESPECIES	Hipótesis	5	3.71	0.006
PRUEBA * ESPECIE	Hipótesis	45		

Tabla 3. Prueba de Tukey en la que se indican los grupos y subconjuntos homogéneos.

Especies	N	Alpha = .05	
		A	B
<i>Udotea flabellum</i>	10	0.343	
<i>Halimeda incrassata</i>	10	0.579	0.579
<i>Penicillus capitatus</i>	10	0.801	0.801
<i>Syringodium filiforme</i>	10		0.948
<i>Halodule wrightii</i>	10		0.953
<i>Thalassia testudinum</i>	10		1.021

Conducta herbívora de *Chelonia mydas*

Durante algunas horas, fue observado por medio de buceo libre el comportamiento de las tortugas al acercarse a las varillas con las plantas. De esta manera se detectó una mayor

actividad herbívora por las mañanas, mientras que, por las tardes, aunque también se siguen alimentando las tortugas, se redujo su actividad de ramoneo (Tabla 4).

A continuación, se muestra en la Tabla 4 un registro del comportamiento de las tortugas ante las pruebas montadas en la bahía de Akumal. En la columna nombrada como Número de prueba se hace referencia al número de réplicas realizadas durante el experimento; Número de visitas son todas las veces que se reportó el acercamiento de una tortuga a alguna de las pruebas; en Hora de llegada se registró cuándo una tortuga llegaba al sitio y el lapso que se quedaba en el lugar; también se muestra la Hora de salida. No en todas las pruebas se tiene hora de llegada de las tortugas, debido a que cuando se arribó al sitio para monitorearlo, éstas ya se encontraban ahí y se desconoce su hora de llegada, en esos casos sólo se registró la hora en que se retiraron, porque se espantaban y huían del lugar. En la columna Número de tortuga se refiere al número de individuos que se aproximaron a cada una de las pruebas; en Comida se registra cuál fue el alimento ramoneado por las tortugas, aunque en algunos casos, se muestra más de un alimento ramoneado; finalmente, en Observaciones se reporta si los individuos comieron poco o mucho de cada uno de los alimentos ofrecidos.

Tabla 4. Registro de comportamiento de las tortugas en las pruebas montadas en la bahía de Akumal.

# de prueba	# de visita	Hrs. llegada	Hrs. salida	# tortuga	Comida	Observaciones
1		11:10	11:16	1	<i>H. incrassata</i>	Sólo se acercó una tortuga
		-	12:02	1		Sólo se acerca a observar
		16:40	17:40	1		Sólo se acercó y comió a los alrededores
		17:36	17:42	2		
1		8:40	9:45		<i>H. incrassata</i>	Nada de alimento
			9:45		<i>H. wrightii</i>	Nada de alimento
			9:45		<i>T. testudinum</i>	Una parte de la muestra fue comida
			9:45		<i>S. filiforme</i>	Una porción comida

2		-	15:15			Hay peces cerca del experimento Se acercó una tortuga pero no comió
		16:38	16:40			
2		-	8:40		<i>H. wrightii</i> <i>H. incrassata</i>	Ambas plantas fueron comidas por tortugas
3		15:40	15:58		<i>U. flabellum</i> <i>P. capitatus</i>	Ambas algas presentan mordidas de peces
3	1	7:16	7:18			Se acercó una tortuga pero no comió nada
	1	15:48	15:48	1	<i>H. wrightii</i> y <i>H. incrassata</i>	Una tortuga pequeña se acercó a los alimentos
		-	15:50			Se comieron ambos alimentos
4		-	16:01		<i>U. flabellum</i> <i>H. incrassata</i>	Los peces comieron parte de las plantas
4		-	7:22			No hay evidencia de mordidas de tortugas
		-	16:08		<i>T. testudinum</i>	Alimento completamente comido
		-	16:15			Desmonte de experimento
5		-	15:12	2		Comió cerca del experimento
		15:33	15:45			La misma tortuga regresó a alimentarse al sitio
5	4	9:06	9:06			Tortuga grande con rémoras
	5	9:06	9:30	2	<i>T. testudinum</i>	Tortuga mediana se alimenta cerca del experimento
6	8	14:16	15:11	1		Se alimentaron cerca del experimento
	1	15:26	15:26	3		Se acercaron nadando a <i>Th</i> y <i>Hw</i>
6		-	14:05		<i>T. testudinum</i>	Sólo se comieron un alimento las tortugas
7		-	16:10			No comieron nada
7		-	9:13		<i>T. testudinum</i> <i>H. wrightii</i> <i>S. filiforme</i>	Se comieron todo de <i>Th</i> y <i>Hw</i>

8		-	16:00			No comieron nada
8		-	8:40		<i>T. testudinum</i> <i>S. filiforme</i> <i>H. wrightii</i>	Dejaron un poco de plantas <i>Tt</i> y <i>Sf</i> , se comieron todo <i>Hw</i>
9		- -	12:00 16:15			Ningún alimento ramoneado Ningún alimento ramoneado
9		-	9:20		<i>T. testudinum</i> <i>H. wrightii</i> <i>S. filiforme</i>	Comido casi en su totalidad Sólo comieron un poco Comieron casi todo
10		- -	12:00 16:20			No comieron nada No comieron nada
10		-	9:53		<i>T. testudinum</i> <i>S. filiforme</i> <i>H. wrightii</i>	Se lo comieron en su totalidad Se lo comieron en su totalidad Comieron sólo un poco

DISCUSIÓN

En este estudio se informa la alimentación de las tortugas marinas, en donde se incluye a las macroalgas calcáreas y a los pastos marinos. En sistemas terrestres, los herbívoros seleccionan sus alimentos según la energía y el contenido alimenticio que proporciona la planta (Van Wieren, 1996; Krebs y Davies, 1997). Por ello, es importante la palatabilidad, porque incluye propiedades químicas y físicas (Baumont, 1996; Vourc'h **et al.**, 2002) que ayudan a la elección de su alimento; además, influyen su fácil degradación y su nivel de toxicidad (Bergvall y Leimar, 2005). Asimismo, las tortugas se acostumbran a ciertos tipos de comida, desarrollando una flora bacteriana apta para este alimento en su tracto digestivo (Bjorndal, 1997).

Cabe señalar que, por la naturaleza misma del estudio, la obtención de datos presentó algunas dificultades. No obstante, gracias al trabajo científico sostenido, se logró recabar información que permite ahondar en la comprensión de las preferencias alimenticias de la *Chelonia mydas* en Akumal. Una de las principales dificultades que se presentaron fue que la afluencia de turistas en la zona de estudio impidió que las cámaras GoPro grabaran el comportamiento de las tortugas por periodos prolongados, ya que era necesario monitorear simultáneamente las pruebas y dejar colocadas las cámaras sin vigilancia representaba el riesgo de que éstas fueran sustraídas por los turistas o locales. De tal modo, en algunas ocasiones, las muestras ya habían sido ramoneadas cuando se intentaba colocar la cámara. En estos casos, se optó por levantar la muestra para tener registro de mordida la tortuga.

Otra dificultad fue que, a pesar de que las tortugas se acercaron a las muestras, algunos turistas curiosos que querían observarlas terminaron por espantar a muchas de ellas. No obstante, se observó interés por parte de las tortugas hacia el experimento. Además, puede añadirse que las tortugas más asustadizas fueron las de talla pequeña, mientras que las tortugas más grandes sí se acercaron a las muestras a pesar de los turistas, pero no comieron el alimento. No es posible saber si la presencia de los turistas influyó en que estas tortugas no se alimentaran en estas ocasiones.

Sin embargo, aun con estas dificultades, en una de las pruebas se observó que las tortugas ingirieron las tres especies de pasto marino que se les ofreció, y lo ingirieron sin ninguna dificultad. En cambio, las algas marinas no fueron ingeridas con la misma frecuencia por las tortugas, aunque algunos peces sí se alimentaron de *U. flabellum* y *H. incrassata* sin pérdida significativa.

La diferencia entre peso inicial y peso final por planta en cada una de las pruebas fue considerado como la cantidad que habían comido las tortugas, ya que en todas las pruebas que se realizaron en la bahía de Akumal no se observaron mordidas de peces, sin embargo, en las pruebas preliminares que se efectuaron en Puerto Morelos sí hubo evidencia de que los peces mordieran las plantas, ya que sólo fueron removidas cantidades insignificantes de tejido, dejando marcas en forma de “U” tanto en hojas de *M. sapientum* como en *T. testudinum*. En Akumal, en cambio, cuando las tortugas comieron se observó una remoción

de gran parte del tejido de las plantas, presentando un corte horizontal uniforme en el conjunto de los tejidos fijados a una varilla.

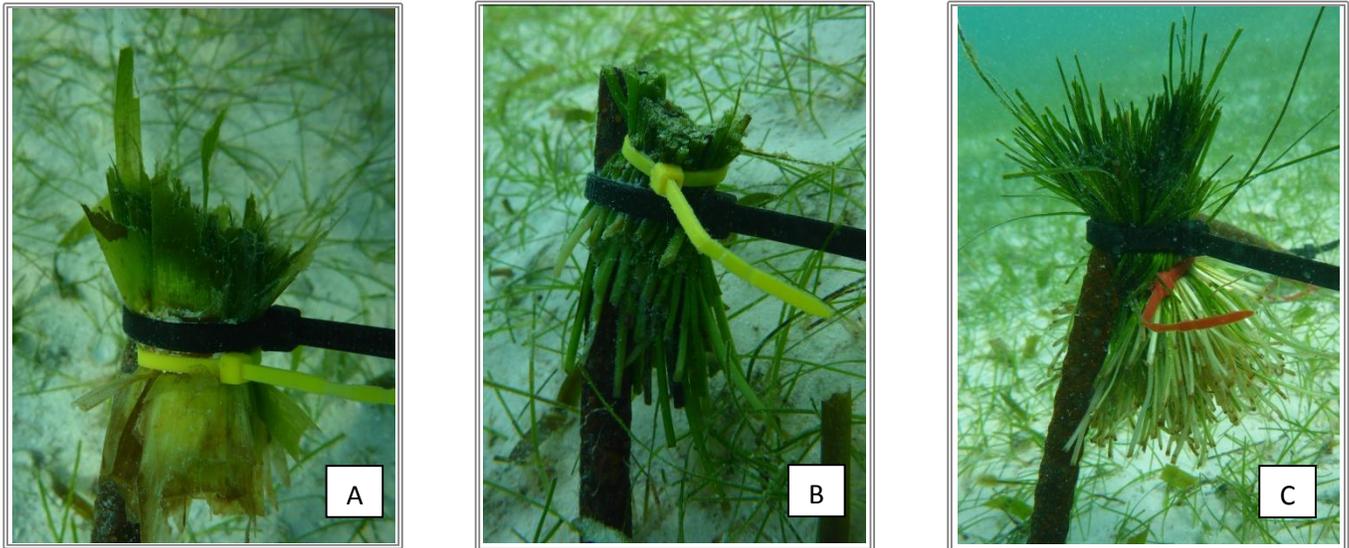


Figura 12. Fotos de *Thalassia testudinum* (A), *Syringodium filiforme* (B) y *Halodule wrightii* (C) ramoneados por tortugas.

Se puede concluir que hay una preferencia por parte de la tortuga verde (*Chelonia mydas*) por la alimentación de pastos marinos y de algunas macroalgas. En este estudio reportamos que las tortugas se alimentan de *Syringodium filiforme*, mientras que en estudios anteriores (Molina-Hernández y Van Tussenbroek, 2014) en la misma zona se reportó que solían evitar esta especie de pasto marino.

Es sorprendente que las tortugas mordieron las algas calcáreas *H. incrassata* y *P. capitatus* a pesar de tener mucho carbonato de calcio y que, probablemente, sean de menor calidad. Pero es obvio que las tortugas evitan *U. flabellum*, lo que no puede ser por su contenido de carbonato de calcio, aunque posiblemente tienen sustancias secundarias que desalientan a las tortugas. Molina-Hernández y Van Tussenbroek (2014) agruparon todas las algas rizofíticas en su estudio, y observaron que su densidad aumentaba en las parcelas ramoneadas por las tortugas. Sin embargo, estos autores no diferenciaron las especies de estas algas y los resultados de este estudio indican que se deben diferenciar la *Udotea* spp. de

Penicillus spp. y *Halimeda* spp., porque hay una aversión de *Udotea* spp. por parte de las tortugas. En observaciones de comportamiento en las tortugas mientras ramonean podría resolverse este tema.

Finalmente, los cambios en la comunidad de los pastizales marinos, conforme aumenta la presión de ramoneo por parte de las tortugas observada en las zonas de estudio por Molina-Hernández y Van Tussenbroek (2014), no se explican por una preferencia alimenticia de las tortugas (con excepción de *U. flabellum* y, posiblemente, de otras especies de este género) registrado en este estudio. Estos autores mencionaron una disminución en *T. testudinum* y un aumento en *S. filiforme* y *H. wrightii* en parcelas ramoneadas. En particular, el consumo de *S. filiforme* es de extrañar, porque este pasto marino no resiste la herbivoría. En contraste, la especie *H. wrightii* puede invadir áreas ramoneadas por su rápida extensión de los rizomas. Es posible que la presentación de los pastos marinos en el experimento influyó en la selección de comida por parte de las tortugas, y que los resultados de este experimento no reflejan la selección de las tortugas cuando ramonean en las praderas. Esto último amerita una reflexión sobre la utilidad de este tipo de experimentos de preferencia alimenticia para más estudios en el futuro.

En este contexto, cabe recordar el estudio realizado por Ballorain **et al.** (2010) en la isla Mayotte, en el océano Índico. Esta investigación se realizó respecto al uso del hábitad por parte las tortugas verdes, donde la comunidad de pastos marinos es multiespecífica, ya que se encuentran ocho especies de pasto marino, aunque dominan las especies *Halodule uninervis* y *Syringodium isoetifolium*. En el estudio de Ballorain **et al.** (2010) se encontró que las tortugas se alimentaban, principalmente, de la segunda especie, dado que ésta cubre sus necesidades nutricionales.

A su vez, en este mismo estudio se informó que las tortugas juveniles comen de los dos pastos marinos, mientras que las tortugas adultas prefieren comer en mayor cantidad *S. isoetifolium*, ya que van generando una flora intestinal que les ayuda a tener una fácil digestión; además, el aporte de nutrientes de esta especie es mayor que el de *H. uninervis*. Ballorain **et al.** (2010) sugieren que es importante realizar más estudios en relación con la temperatura, ya que, al ser reptiles, las tortugas regulan su temperatura por el medio ambiente; por tanto, quizá esto también sea un factor importante de por qué seleccionan

ciertas zonas y especies para ingerir, cubriendo con ello sus necesidades alimenticias y fisiológicas.

CONCLUSIONES

Los experimentos de preferencia alimenticia de tortugas marinas en Akumal revelaron que en las condiciones experimentales:

- Las tortugas marinas sí tienen una preferencia alimenticia por los pastos marinos *Thalassia testudinum*, *Syringodium filiforme* y *Halodule wrightii*.
- Menos preferidas que los pastos marinos, pero también ramoneadas, fueron las algas marinas *Penicillus capitatus* y *Halimeda incrassata*.
- Las tortugas evitan comer el alga *Udotea flabellum*.
- Estas preferencias alimenticias en los experimentos no corresponden con las observaciones de ramoneo de las tortugas verdes en las mismas praderas, posiblemente porque en las condiciones experimentales la comida fue presentada de una manera distinta.

REFERENCIAS

- Álvarez, D. L., Candelaria, C. F., Hernández, S. P., y León, A. H. (2017). *Géneros de algas marinas tropicales de México: I. Algas verdes*. México, D. F.: UNAM.
- André J., Gyuris E., y Lawler, I. (2005). Comparison of the Diets of Sympatric Dugongs and Green Turtles on the Orman Reefs, Torres Strait, Australia. *Wildlife Research*, (32), 53-62. [Consultado el 23 de septiembre de 2015].
- Aragones, L., Marsh, H. (2000). Impact of Dugong Grazing and Turtle Cropping on Tropical Seagrass Communities. *Pacific Conservation Biology*, (5), 277-288. [Consultado el 2 de agosto de 2015].
- Arnold E., y Oviden, W. (2002). *Reptiles and Amphibians of Europe*. Princeton: Princeton University Press.
- Ballorain, K., Ciccione, S., Bourjea, J., Grizel, H., Enstipp, M., y Georges, J. Y. (2010). Habitat Use of a Multispecific Seagrass Meadow by Green Turtles *Chelonia Mydas* at Mayotte Island. *Marine Biology*, 157(12), 2581-2590.
- Barrera, G., y Namihira, P. (2004). Contaminación microbiológica en la zona costera de Akumal, Quintana Roo, México. *Hidrobiológica*, (14), 27-35.
- Baumont, R. (Diciembre, 1996). Palatability and Feeding Behaviour in Ruminants. A Review. *Annales de Zootechnie*, 45(5), 384-400.
- Becking, L.E., Van Brussel, T., DeBrot, A.O., y Christianen, M.J.A. (2015). First Record of a Caribbean Green Turtle (*Chelonia Mydas*) Grazing on Invasive Seagrass (Halophila Stipulacea). *Caribbean Journal of Science*, 48(2-3), 162-163.
- Bergvall, U. A., y Leimar, O. (2005). The Role of Plant Secondary Compounds and the Frequency of Food Types for Food Choice by Mammalian Herbivores. *Ecology*, (86), 2450-2460.

- Bjorndal, K. (1979). Cellulose Digestion and Volatile Fatty Acid Production in the Green Turtle, *Chelonia Mydas*. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology*, 63(A), 127-133.
- Bjorndal, K. (1980). Nutrition and Grazing Behavior of the Green Turtle, *Chelonia Mydas*. *Marine Biology*, 56(2), 147-154.
- Bjorndal, K. (1985). Nutricional Ecology of Sea Turtles. *Copei*. (3), 736-751.
- Bjorndal, K. (1997). Foraging Ecology and Nutrition of Sea Turtles. *The biology of sea turtles*, (1), 199-231.
- Bolten, A. B. (2003). Active Swimmers-Passive Drifters. The Oceanic Juvenile Stage of Loggerheads in the Atlantic system. En Bolten, A. B. y Witherington, B. (Eds.), *Loggerhead Sea Turtles* (p. 63-78). Washington, Smithsonian Institution.
- Bolten, A., y Bjorndal, K. (1992). Blood Profiles for a Wild Population of Green Turtles (*Chelonia Mydas*) in the Southern Bahamas: Size-Specific and Sex-Specific Relationships. *Journal of Wildlife Diseases*, 28(3), 407-413.
- Borowitzka, M. A., Lavery, P. S., y Van Keulen. M. Epiphytes of Seagrasses. (2006). En Larkum, A. W. D., Orth, R. J., y Duarte. C. M. (Eds.). *Seagrasses: Biology, Ecology and Conservation* (pp. 446-461). Dordrecht: Springer.
- Brand-Gardner, S. J., Lanyon, J. M., y Limpus, C. J. (1999). Diet Selection by Immature Green Turtles, *Chelonia Mydas*, in Subtropical Moreton Bay, South-East Queensland. *Australian Journal of Zoology*, (47), 181-191.
- Broderick, A. C., Fraunstein, R., Glen, F., Hays, G. C., Jackson, A. L., Pelembe, T., Ruxton, G. D., y Godley, B. J. (2006). Are Green Turtles Globally Endangered? *Global Ecology and Biogeography*, (15), 21-26.
- Carman, V. G., Falabella, V., Maxwell, S., Albareda, D., Campagna, C. y Mianzan, H. Revisiting the Ontogenetic Shift Paradigm: the Case of Juvenile Green Turtles in the SW Atlantic. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, (429), 64-72.

- Carr, A. (1987). New Perspectives on the Pelagic Stage of Sea Turtle Development. *Conservation Biology*, 1(2), 103-121.
- Christianen, M. J. A., Herman, P. M. J., Bouma, T. J., Lamers, L. P. M., Van Katwijk, M. M., Van der Heide, T., Mumby, P. J., Silliman, B. R., Engelhard, S. L., Van de Kerk, M., Kiswara, W., y Van de Koppel, J. (2014). Habitat Collapse due to Overgrazing Threatens Turtle Conservation in Marine Protected Areas. *Proceedings of the Royal Society B*. 281 (1777): 20132890
- Collado, L. V.ides y Braga M. R. A. (1996). Crecimiento y forma de las algas marinas. *Ciencias*, (42), 20-25.
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. (2011). *Programa de acción para la conservación de la especie: tortuga verde/negra, Chelonia mydas*. México: Autor.
- Dawes, C. J., y Lawrence, J. M. (1979). Efects of Blade Removal on the Proximate Composition of the Rhizome of the Seagrass *Thalassia Testudinum* Banks ex König. *Aquatic Botany*, (7), 255-266.
- Den Hartog. (1970). *The Seagrasses of the World*. Amsterdam: North Holland Publ Co.
- Den Hartog, y Kuo, J. (2006). Chapter 1: Taxonomy and Biogeography of Seagrasses. En Larkum AWD, Orth RJ y Duarte CM (Eds.), *Seagrasses: Biology, Ecology and Conservation* (pp. 1-23). Netherlands: Springer.
- Duarte, C. M., Dennison, W. C., Orth, R. J. W., y Carruthers, T. J. B. (2008). The Charisma of Coastal Ecosystems: Addressing the Imbalance. *Estuaries Coasts*, (31), 233-238.
- Duarte, C. M., Middelburg, J. J., y Caraco, N. (2004). Major Role of Marine Vegetation on the Oceanic Carbon Cycle. *Biogeosciences Discussion*, (1), 659-679.
- Duffy, J. E. (Abril, 2006). Biodiversity and the Functioning of Seagrass Ecosystems. *Marine Ecology Progress Series*, (311), 233-250.

- Fenchel, T. M., McRoy, C. P., Ogden, J. C., Parker, P., y Rainey, W. E. (1979). Symbiotic Cellulose Degradation in Green Turtles, *Chelonia Mydas* L. *Applied and Environmental Microbiology*, 37(2), 348-350.
- Fong, P., y Paul, V. J. (2011). Coral Reef Algae. En Dubinsky Z. y Stambler N. (Eds.). *Coral Reefs: an Ecosystem in Transition* (pp. 241-272). Dordrecht: Springer.
- Fourqurean, J. W., Manuel, S., Coates, K. A., Kenworthy, W. J., y Smith, S. R. (2010). Effects of Excluding Sea Turtle Herbivores from a Seagrass Bed: Overgrazing May Have Led to Loss of Seagrass Meadows in Bermuda. *Marine Ecology Progress Series*, (419), 223-232.
- Frick, J. (1976). Orientation and Behaviour of Hatchling Green Turtles (*Chelonia mydas*) in the Sea. *Animal Behavior*, 24(4), 849-857.
- Fuentes, M. M., Lawler, I. R., y Gyuris, E. (2006). Dietary Preferences of Juvenile Green Turtles (*Chelonia Mydas*) on a Tropical Reef Flat. *Wildlife Research*, 33(8), 671-678.
- Garduño-Solórzano, G., Ortega, M. (2002). *Una clave de campo para las algas verdes de las costas mexicanas del golfo de México y mar caribe*. México, D.F.: AGT Editor S.A.
- Garza-Pérez, J. R. (2004). Información y manejo para la protección de la biodiversidad de la barrera arrecifal de México: evaluación de variables, modelación espacial del hábitat y SIG (Tesis doctoral del Instituto Politécnico Nacional).
- Green, E., y Short, F. (2003). *World Atlas of Seagrasses. Present Status and Future Conservation*. Berkeley, USA: University of California Press.
- González, N. W. (2006). *Estudio del centro de origen y distribución de las tortugas marinas que arriban a las costas de Guerrero, México* (Tesis de licenciatura de la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa) [versión pdf]. Recuperada de <http://148.206.53.84/tesiuami/UAMI12851.pdf>
- Heck K. L., Hays, G., y Orth, R. J. (2003). A Critical Evaluation of the Nursery Role Hypothesis for Seagrass Meadows. *Marine Ecology Progress Series*, (253), 123-136.

- Hughes G. (1974a). *The Sea Turtles of South-east Africa. I. Status, Morphology and Distributions*. South Africa, Durban: Oceanographic Research Institute.
- Hughes G. (1974b). *The Sea Turtles of South-east Africa II. The Biology of the Tongaland Loggerhead Turtle *Caretta caretta* L with Comments on the Leatherback Turtle *Dermochelys coriacea* L and the Green Turtle *Chelonia mydas* L in the Study Region*. *Invest. Rep. Oceanogr. Res. Inst. Durban* 36: 96.
- Johnson-Díaz, K. A., Sierra, J. L., y Erosa, A. I. S. (1993). *Las tortugas marinas: un tesoro de la naturaleza*. México, D. F.: Asociados Mexicanos.
- Kelkar, N., Arthur, R., Marbà, N., y Alcoverro, T. (2013). Greener Pastures? High-density Feeding Aggregations of Green Turtles Precipitate Species Shifts in Seagrass Meadows. *Journal of Ecology*, (101), 1158-1168.
- Krebs, J. R., y Davies, N. B. (1997). *Behavioural Ecology: an Evolutionary Approach*. Cambridge, Mass: Blackwell Science.
- Kuo, J., y McComb, A. (1998). Cymodoceaceae, Posidoniaceae, Zosteraceae. En Kubitzki K (Ed.), *The Families and Genera of Vascular Plants, Vol. IV. Flowering plants, Monocotyledons: Alismatanae and Commelinanae (Except Gramineae)*, Berlin: Springer Verlag.
- Limpus, C., Walker, T., y West, J. (1994). Post-hatchling Sea Turtle Specimens and Records from the Australian Region. En Russel James (Ed.), *Proceedings of the Marine Turtle Conservation Workshop* (95-100). Canberra: Australian Nature Conservation Agency.
- López-Mendilaharsu, M., Gardner, S. C., Riosmena-Rodríguez, R., y Seminoff, J. (2008). Diet Selection by Immature Green Turtles (*Chelonia mydas*) at Bahía Magdalena Foraging Ground in the Pacific Coast of the Baja California Peninsula, México. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, (88), 641-647.
- Lutz, J. A., Musick, J. A., y Wyneken, J. (2002). *The Biology of Sea Turtles. Volume II*. USA, Florida: CRC Press.

- Márquez-M, R. (1990). Sea Turtles of the World. An Annotated and Illustrated Catalogue of Sea Turtle Species Known to Date. *FAO Species Catalogue. Fisheries Synopsis*, 11(125), 1-81.
- Mata, L. M. (2012). Evaluación de estrategias de manejo arrecifal en Akumal, Q. Roo: disturbios antropogénicos y enfermedades coralinas (Tesis de licenciatura de la Facultad de Ciencias en la Unidad Multidisciplinaria de Docencia e Investigación).
- Molina-Hernández, A. L., y Van Tussenbroek, B. (2014). Patch Dynamics and Species Shifts in Seagrass Communities Under Moderate and High Grazing Pressure by Green Sea Turtles. *Marine Ecology. Progress Series*, (517), 143-157.
- Mondragón, P. K. (2007). *Clave genérica de las algas rojas marinas macroscópicas de las costas de Quintana Roo* (Tesis de licenciatura de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala).
- Murdoch, T. J. T., Glasspool, A. F., Outerbridge, M., Ward, J., Manuel, S., Gray, J., Nash, A., Coates, K. A. Pitt, J., Fourqurean, J. W., Barnes, P. A., Vierros, M, Holzer, K., y Smith, S. R. (2007). Large-Scale Decline in Offshore Seagrass Meadows in Bermuda. *Marine Ecology Progress Series*, (339), 123-130.
- Orth, R., Carruthers, T. J. B. W., Dennison, C., Duarte, C. M., Fourqurean J. W., Heck, K. L., Hughes, A. R., Kendrick, G. A., Judson, W. K., Olyarnik, S., Short F. T., Waycott, M. y Williams, S. L. (2006a). A Global Crisis for Seagrass Ecosystems. *Bio Science*, 56(12), 987–996.
- Orth, R., Luckenbach, M. L., Marion, S. R., Moore, K. A., y Wilcox, D. J. (2006b). Seagrass recovery in the Delmarva coastal bays. *Aquatic Botany*, 84, 26-36.
- Preen, A. (1995). Impacts of Dugong Foraging on Seagrass Habitats: Observational and Experimental Evidence for Cultivation Grazing. *Marine Ecology Progress Series*, (124), 201-213.

- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2012). *NORMA Oficial Mexicana NOM-162-SEMARNAT-2012*. Recuperada de http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5286506&fecha=01/02/2013
- Seminoff, J. A. (2004). *Chelonia Mydas*. *The IUCN Red List of Threatened Species*, 8235. Recuperado de file:///C:/Users/Usuario%207/Downloads/10.2305_IUCN.UK.2004.RLTS.T4615A11037468.en.pdf
- Short F.T., Polidoro B., Livingstone S.R., Carpenter K.E., Bandeira S., Bujang J.S., Calumpong H.P., Carruthers T.J.B., Coles R.G., Dennison W.C., Erftemeijer P.L.A., Fortes M.D., Freeman A.S., Jagtap T.G., Kamal A.H.M, Kendrick G.A., Kenworthy W.J., La Nafie Y.A., Nasution I.M., Orth R.J., Prathep A., Sanciangco J.C., Van Tussenbroek B.I., Vergara S.G., Waycott M., y Zieman J.C. (2011). Extinction Risk Assessment of the World's Seagrass Species. *Biological Conservation* 144(7), 1961-1971
- Short, F.T., y Coles, R.G. (2001). *Global Seagrass Research Methods, Volume 33*. Amsterdam: Elsevier.
- Thayer, G. W., Bjorndal, K. A., Ogden, J. C., Williams, S. L., y Zieman, J. C. (1984) Role of Larger Herbivores in Seagrass Communities. *Estuaries* 7, 351-376.
- Tomlinson P.B. (1982). *Anatomy of the Monocotyledon: VII Helobiae (Alismatidae)*. New York: Oxford University Press.
- Valentine, J. F., y Duffy J. E. (2006). The Central Role of Grazing in Seagrass Ecology. En Larkum W. D., Orth R. J., Duarte C. (Eds.) *Seagrasses: Biology, Ecology and Conservation* (pp. 463–501). Dordrecht: Springer.
- Van Tussenbroek B.I., Vonk J.A., Stapel J., Erftemeijer P.L.A., Middelburg J.J., y Zieman J.C. (2006). The Biology of Thalassia. Paradigms and Recent Advances in Research. En Larkum AWD, Orth RJ, y Duarte CM (Eds.), *Seagrasses: Biology, Ecology and Conservation* (pp. 409-439). Netherlands: Springer.

- Van Tussenbroek, B. I., Barba-Santos, M. G., Wong, J. G. R. Van Dijk, J. K., y Waycott., M. (2010). *Guía de los pastos marinos tropicales del Atlántico oeste*. México, D. F.: UNAM.
- Van Tussenbroek, Santos B., Van Dijk J. K., S. N. Alcaraz y Calderon, M. (2008). Selective Elimination of Rooted Plants from a Tropical Seagrass Bed in a Back-reef Lagoon: a Hypothesis Tested by Hurricane Wilma (2005). *Journal of Coastal Research*, 24(1), 278-281.
- Van Wieren, S. E. (1996). *Digestive Strategies in Ruminants and Nonruminants* (Tesis doctoral de Landbouw Universiteit Wageningen). Recuperada de <http://edepot.wur.nl/209972>
- Voure'h, G., Vila, B., Gillon, D., Escarré, J., Guibal, F., Fritz, H., Clausen, T. P., y Martin, J. (2002). Disentangling the Causes of Damage Variation by Deer Browsing on Young Thuja Plicata. *OIKOS*, 98, 271-283.
- Walker, T. (1994). Post-hatchling Dispersal of Sea Turtles. En R. James (Ed.), *Proceedings of the Australian Marine Turtle Conservation Workshop held at Sea World Nara Resort, Gold Coast* (pp. 79-94). Canberra, Australia: Queensland Department of Environment and Heritage, y Australian Nature Conservation Agency.
- Watson, J., Workman, Il., Foster, D., Taylor, C., Shah, A., Barbour, J., y Hataway, D. (1993). *Status Report on the Potential of Gear Modifications to Reduce Finfish Bycatch in Shrimp Trawls in the Southeastern United States 1990-1992* (NMFS-SEFC-327). NOAA, Tech. Mem.
- Waycott, M., Duarte, C. M., Carruthers, T. J., Orth, R. J., Dennison, W. C., Olyarnik, S., Calladine, A., Fourqurean, J. W., Heck, K. L., Hughes, A. R., y Kendrick, G. A. (2009). Accelerating loss of Seagrasses Across the Globe Threatens Coastal Ecosystems, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 106, 12377-12381. Recuperado de <http://www.pnas.org/content/pnas/106/30/12377.full.pdf>
- Witham, R. (1980). The "Lost Years" Question in Young Sea Turtles. *Am Zool*, 20, 525-30.

- Zertuche-González J.A., Galindo-Bect, L.A., Pacheco-Ruíz, I., y Galvez-Telles, A. (2006). Time-space Characterization of Commercial Seaweed Species from the Gulf of California Using a Geographical Information System. *Journal of Applied Phycology*, 18, 543-550.
- Zieman, J. C., Iverson, R. L., y Ogden, J. C. (Enero, 1984). Herbivory Effects on *Thalassia Testudinum* Leaf Growth and Nitrogen Content. *Marine Ecology. Progress Series*, 15, 151-158.